

ロードヒーティングシステム構築のための簡易融雪モデルの検討

Examination on Snowmelt Depth Evaluation Model for Road Heating System

○竹内 康¹, 岡澤 宏¹, 武田 亜貴¹, 中島 健²

Y. Takeuchi, H. Okazawa, A. Takeda and T. Nakajima

1. はじめに

積雪寒冷地域の道路舗装では、凍結路面の融解や凍結防止等を行う方法として、消雪パイプの設置やロードヒーティング工法の採用などの対処が行われている。消雪パイプは、温度の安定した地下水をくみ上げて路面の融雪を行う場合が多く、冬期間の過剰な地下水汲み上げによる地盤沈下が問題となっている。また、ロードヒーティングは、舗装表層内に温水パイプや電熱シートなどの発熱体を埋設し、道路表面の雪や氷を融解する施設のことで、発熱に要するエネルギー確保のために、ランニングコストが高くなる傾向にある。

新潟県妙高市は県西南部に位置する日本でも屈指の豪雪地帯で、森林が土地面積の78.1% (34,789ha) を占めている。また、同市では平成18年から10箇年に亘る森林整備計画を進めており、膨大な間伐材(木質バイオマス)の有効利用が求められている。また、当該地域は、消雪パイプの使用による地盤沈下が問題となっている地域でもある。東京農業大学では社会連携プロジェクトの一環として、木質バイオマスを熱源としたロードヒーティングの可能性について検討するために、新潟県妙高市立姫川原小学校にウェザーステーションを設置し、気象データを計測するとともに、校庭内に敷設されているアスファルト舗装体内の積雪前後の温度変化を測定している。

筆者ら(2006)は、効率的なロードヒーティングの温度管理を行うことを目的として、積雪前後の舗装体内の温度分布の推定を行ってきた。一般にロードヒーティングでは、気象観測データから降雪強度を設定して道路表面での融雪に必要な熱量(融雪熱量)を算出する。しかし、設計時の降雪強度を上回る降雪があった場合には、路面の雪は全て融雪され

ずに残ることになり、路面が露出するまでの時間を予測できないことになる。そこで本研究では、過剰な降雪があった場合の融雪量推定を行うために、河川流域の融雪水流出解析において用いられている小池ら(1985)の融雪モデルに着目し、気象条件の変化による舗装路面での融雪解析への適用性について検討を行ったので報告する。

2. 調査概要

ウェザーステーションを設置した妙高市立姫川原小学校は、旧新潟県新井市の中心街を通る国道292号線沿いに位置している。また設置したウェザーステーションは、図-1に示すように高さ5mのポールを中心軸として構成されており、気温、湿度、降雨量、積雪深、風速・風向、全天日射量、地盤内温度、舗装体温度の8項目を測定している。なお、ウェザーステーションは、2005年12月に設置し、1時間おきにデータ計測を行っている。

本研究では、AMeDASデータによる簡易融雪モデルの運用を視野に入れ、一般的な測定項目である気温、降雨量、積雪深、風速、日照時間を用いることとした。

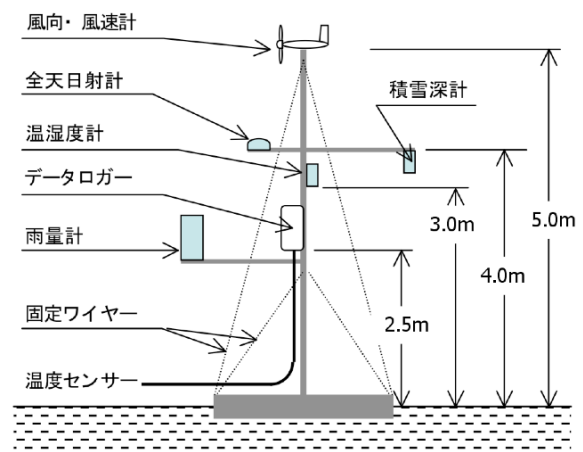


図-1 ウェザーステーションの概略図

1 東京農業大学 Tokyo University of Agriculture, 2 (株)ナカジマ技販 Nakajima Technology Selling Corporation

Key Words: ロードヒーティング, 簡易融雪モデル, 積算暖度法

3. 簡易融雪モデルの検討

本研究で対象とした融雪モデルは、気温、日射量、降水量を用いて日融雪量を求めるもので、日融雪量 M は日射量に基づく放射収支による融雪量 M_r 、気温（積算暖度法）による融雪量 M_h および降雨による融雪量 M_p の総和であるとするものである。

このうち、 M_h は(1)式により求められるものであるが、融雪係数 f は地域により異なる値を示すと言われており、ライシメータや気象データにより求められる。しかし、既往の研究で示されている f の値は山間地を対象としたものが多く、市街地に対して求められた値は見当たらない。また、 M_p を求めるのに必要な日射量を測定している AMeDAS ポイントは数少ない。そこで本研究では、(2)式に示す M_p 以外の融雪量はすべて積算暖度法で求めることとし、 f を日照時間等による重回帰分析によって求めることで、日射量による融雪量を陰に M_h に含めることとし、 $M = M_h + M_p$ とした。

$$M_h = f \cdot \sum_{T>0} T \quad \dots\dots(1)$$

$$M_p = \frac{1}{8} \left[2.49 \sum (e(T) - 6.1) + \frac{PT}{10} \right] \quad \dots\dots(2)$$

ここに、 P ：降水量、 T ：時間平均気温、 $e(T)$ ：(3)式に示す気温に対する飽和水蒸気圧である。

$$e(T) = 6.11 \times 10^{\frac{7.5T}{T+237.3}} \quad \dots\dots(3)$$

4. 結果および考察

解析にあたっては、12月から翌年3月までのデータを1シーズンとし、2005年12月～2008年3月の3シーズン分の融雪データを用いた。なお、融雪モデルの検討にあたっては、舗装表面での融雪を極力避けるために、図-2に示すように舗装表面と舗装下面の温度が 0.5°C が下回ったときのデータを用いた。その結果、重回帰分析に使用した融雪データは3シーズンで98日であった。

98日分のデータには降雨による融雪も含まれている。そのため、重回帰分析では、(2)式により算出した M_p を日融雪量 M から差し引いて M_h を求め、これを日積算気温で除することで融雪係数 f を求めた。そして、 f を目的変数、積算気温の対数值 $\log(T)$ 、平均分速 V_m 、日射時間 R_i を説明変数とし、(4)式に示す回帰式を得た。

$$f = 7.65 - 4.05 \log(T) + 0.65 V_m + 0.05 R_i \quad \dots(4)$$

図-3に2005～2007年度の積雪深の実測値と解析値の関係を示す。なお、解析にあたっては、融雪過程において、 $f < 0$ の場合には融雪量=0として日融雪量を前日の積雪深から差し引いた値を解析値とした。その結果、解析値と実測値は概ね一致しているが、積雪深が400mm未満での結果にバラツキが生じていることがわかった。これは、2006年度は連続した積雪が殆ど無く、今回の重回帰分析は実質的に2カ年分のデータしか用いられなかったため、融雪係数の推定値の信頼性が低かったためだと考えられる。これについては、今回使用したデータに妙高市近郊のAMeDASポイントの観測データを加えることで精度が向上するものと考えられる。

なお、本研究は科学研究費補助金（課題番号：20658056、研究代表者：竹内康）の援助を受けて遂行したものであることを付記し、感謝の意を表するものである。

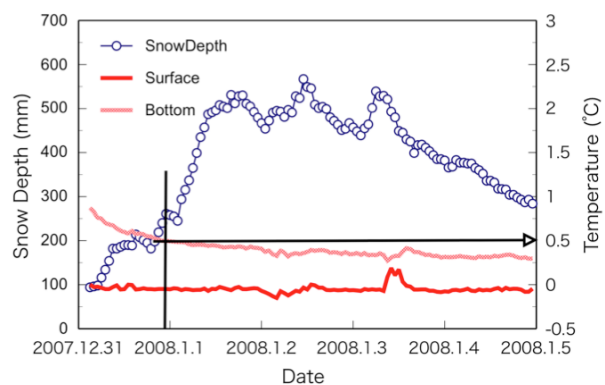


図-1 積雪深と舗装体温度の関係

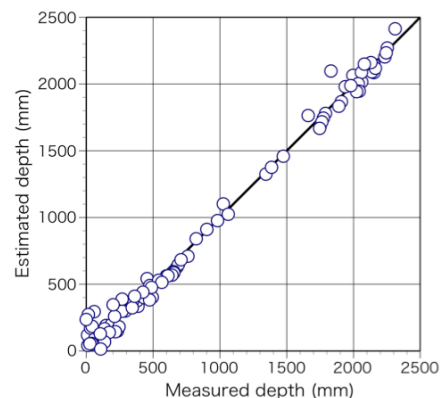


図-2 積雪深実測値と解析値の関係

参考文献 小池他 (1985)：融雪量分布のモデル化に関する研究，土木学会論文集 第363号/II-4，竹内他 (2006)：積雪寒冷地におけるアスファルト舗装の熱伝導解析に関する基礎的研究，農業土木学会論文集第245号